Fixació i estabilització de sistemes dunars a les Illes Balears per processos de forestació: el cas de Menorca

Francesc X. ROIG-MUNAR, Pere FRAGA, José Á. MARTÍN-PRIETO, Guillem X. PONS i Antonio RODRÍGUEZ-PEREA

SHNB

SOCIETAT D'HISTÒRIA NATURAL DE LES BALEARS

Roig-Munar, F.X., Fraga, P., Martín-Prieto, J.Á., Pons, G.X. i Rodríguez-Perea, A. 2009. Fixació i estabilització de sistemes dunars a les Illes Balears per processos de forestació: el cas de Menorca). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears,* 52: 129-140. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

Es documenten mesures de diàmetres dels pins (*Pinus halepensis* Mill.) de 18 sistemes platja-duna de Menorca per constatar que aquestes ambients dinàmics han estat objecte d'actuacions de forestació per a la fixació de processos actius en els sectors de dunes semiestabilitzades i estabilitzades, generalment associats a camps de conreus. Els resultats obtinguts, i l'observació de formes dunars erosives internes actualment estabilitzades, ens demostren que aquests sistemes foren objecte d'actuacions antròpiques amb la finalitat de fixació de les formes. Així mateix els resultats demostren que els treballs realitzats en base a l'evolució històrica dels sistemes dunars, que fins ara partien d'un estat òptim de conservació, no tenien presents els processos de fixació previs a les possibles actuacions de forestació. Tot plegat permet establir algunes recomanacions per a una gestió a llarg termini d'aquests hàbitats.
Paraules clau: *Pinus halepensis, antecedents històrics, antropització, diàmetres, gestió, conservació.*

FIXATION AND STABILISATION OF COASTAL DUNES IN THE BALEARIC ISLANDS THROUGH AFFORESTATION: A CASE STUDY IN MINORCA. It is a well documented issue that coastal dune systems of Spain have been systematically fixed and stabilised through afforestation initiatives developed both from public or private landowners mainly in the first half of the XX century. Most beaches of Minorca have a pine forest (*Pinus halepensis* Mill.*)* associated to their dune system. In order to verify their anthropogenic origin measurements of the trees in 18 localities have been taken. Results show a high uniformity in diameters ranges, thus supporting the presumption that this type of vegetation may be not natural from most of the dune systems of the island as have been indicated by previous authors. Moreover, seems to be a strong relationship between these altered dune systems and the presence of cultivated lands. These results may be of worth consideration in a long term management of these habitats.
Keywords: *Pinus halepensis, historical background, anthropic, DBH, management, conservation.*

Francesc X. ROIG i MUNAR, QU4TRE, consultoria ambiental, Carrer Carritxaret, 18-6, Es Migjorn Gran, 07749, Menorca i, Institut Menorquí d'Estudis, Camí des Castell, 28, 07702 Maó, Menorca; Pere FRAGA, Institut Menorquí d'Estudis, Camí des Castell, 28, 07702 Maó, Menorca; José Ángel MARTÍN PRIETO, Depart. Ciències de la Terra, Universitat Illes Balears. Carretera Valldemossa Km 7,5, Palma; Guillem X. PONS (guillemx.pons @uib.es) i Antonio RODRÍGUEZ PEREA, Depart. Ciències de la Terra, Universitat Illes Balears. Carretera Valldemossa km 7,5, Palma.

Recepció del manuscrit: 2-des-09; revisió acceptada: 30-des-09

Introducció

Els processos de fixació de dunes mitjançant actuacions de forestació estan recollits en abundant bibliografia tant a l'àmbit estatal com a l'internacional (Valls, 1870; Artigas, 1887; 1889; 1890; 1896; Anònim, 1890; de Castro, 1900a, 1900b; Codorniu, 1908; Tiismann, 1924; Whitehead, 1964; Ranwell i Boar, 1986; Gadgil i Ede, 1998; Tastet i Pontee, 1998; Hilton *et al.*, 2000; Lemauviel i Roze, 2000; Pausas *et al.*, 2004; Hilton, 2006; Mayol, 2006). En general, el seu objectiu és evitar que els fronts dunars afectin de manera negativa a zones d'interès per l'activitat humana, com ara terres d'interès agrari o nuclis de població (Ranwell i Boar, 1986; Gadgil i Ede, 1998). Tanmateix, aquestes actuacions estan reconegudes com un impacte negatiu pel que fa a la conservació d'aquests ambients (Ranwell i Boar, 1986; Gallego Fernández *et al.*, 2003).

A finals del s. XVIII les zones litorals eren encara espais hostils i inhòspits, a l'hora que perillosos per a la població, fet que queda de manifest amb els pocs nuclis urbans associats al litoral, molt d'ells emmurallats. Una situació encara més evident i agreujada en els territoris insulars (Grove i Rackham, 2003).

Abans del període turístic actual, que es fonamenta principalment en l'explotació litoral dels sistemes platja-duna com a espai d'oci (Valdemoro i Jiménez, 2006), es mantenia un dinamisme natural i equilibrat en aquests que suposava en alguns indrets de la costa un perill per a la població i per als conreus, degut a l'avanç de les dunes cap a les zones internes. Segons Madariaga (1909) en determinats punts de la costa existien grans superfícies ocupades per arenals que avançaven terra endins conquerint terrenys fèrtils, fent-los improductius i enterrant cases i poblacions senceres. L'autor cita que en casos de terrenys productius afectats per arenes voladores no queda més opció que la forestació per retenir i estabilitzar terrenys arenosos mòbils fins el cobriment definitiu de les arenes, tornant aquests espais o camps de desolació en fonts de riquesa i hermosura.

És a partir de 1902 que s'utilitza l'arbrat com a mesura eficaç per evitar l'avanç de l'arena en l'àmbit estatal, on el cos d'enginyers forestals assumeix gran part d'aquestes tasques de fixació mitjançant projectes executius al llarg de tota la costa espanyola (Figueras, 1981). Dins d'aquests projectes destaquem les forestacions dels sistemes dunars de la badia de Roses, l'Alt Empordà (Catalunya), on s'estabilitzaren les dunes provinents del Montgrí (Artigas, 1887; 1889). Les dunes de la zona d'Andalusia també foren objecte d'estabilització, com ara les de Huelva (Maceira, 1890) i Cadis (Fernández de Castro, 1917). També ho foren les de Guardamar (Mira, 1903, Codorniu, 1908) a la província d'Alacant o les del País Basc (Uriarte Ayo, 1998). En el cas de les Illes Balears, Mayol (2006) aporta la primera referència de forestacions referent al *Proyecto de corrección de dunas de las isla de Formentera*, amb data de l'any 1944, on s'utilitzen diferents tècniques de fixació amb l'ús d'*Ammophila arenaria* i *Ampelodesmos maurmitanica*, com herbàcies, i l'ús de vegetació de port arbori amb *Pinus halepensis, Pinus pinea* i plantacions puntuals de xipresos (*Cupressus* sp. pl.), tamarells (*Tamarix* sp. pl.), fassers (*Phoenix dactylifera*) i ricí (*Ricinus communis*). Aquestes tasques de fixació dirigides per l'escola espanyola de forestals no es centraren sols en territori espanyol, sinó que també realitzaren tasques de forestació a les zones de protectorat, com és el cas de la zona de Tetuán (Marroc), on els

camps dunars envaïen les noves zones urbanes i agràries, així com les infrastructures viàries (Cantarino i Seva, 1997).

Segons Artigas (1890), les arenes poden avançar terra endins des de metres a més de 14 km, variant la seva forma a causa de l'extrema finor dels grans que cobreixen camps, monts i edificis, convertint els més fèrtils terrenys i poblacions en silenciosos i inhospitalaris deserts. Aquestes arenes voladores en continu moviment, segons definició de l'autor, no destrossen ni ofenen res, sols modifiquen, ja que les fulles dels arbres estan encara verdes abans de desaparèixer sota l'arena. Per desenvolupar les tasques encaminades a la consolidació dels arenals, Artigues (1890) proposa el seguiment de diferents etapes com ara:

a) aixecament d'un plànol i fitació de les propietats objecte de repoblació quan siguin de l'Estat. En cas de propietats privades que desitgin fixar les arenes ho podran fer ajustant-se al projecte aprovat per l'estat.

b) creació de cordons de defensa, anomenats dunes litorals o contradunes, considerat treball indispensable per el bon èxit de les tasques de repoblació i formació de la duna litoral. Les tasques consisteixen en la fixació, a una distància de 100 a 200 m de la major alçada ordinària assolida per les aigües de la mar, amb la creació de pantalles de taulons en direcció paral·lela a la línia de costa. Presenten 1,60 m de llarg, de 12 a 15 cm de taula i 3 cm de gruixa, amb una profunditat de 6 cm, col·locant 5 per metre lineal deixant un interval de 2 a 3 cm a fi i efecte de deixar el pas d'arena. Amb aquest mètode l'autor estima que amb un període d'un any estan coberts de sediment, per la qual cosa es proposa aixecar els taulons per, posteriorment, replantar sobre la nova forma no consolidada gramínies, generalment borró (*Ammophila arenaria*), a banda i banda de la neoforma dunar (les cares d'*stoss* i *lee*) que haurà estat formada per processos d'interferència eòlica (Savage, 1963; Savage i Woodhouse, 1969).

c) repoblacions de vegetació de port arbori, ja dins la zona interna del sistema condicionat per la nova duna litoral es repoblarà amb espècies dominants com el *Pinus pinaster* i amb plantes auxiliars o protectores (*Ulex europaeus*, *Genista scoparia*, *Ammophila arenaria*, etc.).

Aquesta metodologia d'actuació, dissenyada al 1890, té més consistència i rigor que alguns dels mètodes utilitzats a dia d'avui per part de la Direcció General de Costes de l'Estat en alguns dels sistemes dunars de Balears, on s'afavoreix la fragmentació i erosió del sistema per l'ús de tècniques poc adients (Roig-Munar i Juaneda, 2010).

També es pot destacar algunes tasques de fixació de dunes que no es trobaven vinculades a projectes de l'estat, com ara les fixacions de les dunes de Begur, Baix Empordà (Catalunya), que foren fixades, segons Carandell (1979), honrosament pels propietaris que sembraren de pins el que eren vinyes i erms, i on actualment trobem masses de *Pinus pinaster*. L'autor atribueix a aquestes tasques privades la transformació de zones desèrtiques i d'amenaça constant cap a la població, refererint-se a les dunes. Tampoc no poden deixar d'esmentar-se les tasques de fixació a petita escala de formes dunars semi-estabilitzades associades a cala Borró, Alt Empordà (Roig-Munar *et al.*, 2009). En el cas de Menorca, Roig-Munar *et al.* (2008b) fan un recull d'informació oral de les forestacions dels sistemes dunars semiestabilitzats de les platges de Morella, es Grau i cala de sa Torreta, les quals van ser realitzades per la propietat. En relació

amb aquest darrer treball, basat en l'observació, fotografia històrica i fonts orals, el present estudi pretén verificar la possible existència d'altres casos semblants a l'illa prenent com a referència una caracterització quantitativa bàsica de l'espècie vegetal més habitual per aquestes actuacions: *Pinus halepensis*.

Àmbit d'estudi

L'àmbit d'estudi es centra en els sistemes platja-duna de Menorca que aparentment presenten masses forestals de tipus homogeni (ordre i alçada) als sectors de formes semiestabilitzades i estabilitzades. S'han analitzat 18 sistemes platja-duna que, a priori, presentaven fenòmens d'antropització per processos de fixació mitjançant la forestació arbòria (Fig. 1).

Material i mètodes

Per a la realització d'aquest estudi s'ha fet una revisió inicial dels sistemes dunars coneguts actualment a Menorca. D'aquests s'ha fet una selecció dels que presentaven possibles evidències d'haver-hi fet actuacions de fixació mitjançant la introducció intencionada o la discriminació positiva de *P. halepensis*. La selecció d'aquesta espècie com indicadora de possibles actuacions antròpiques obeeix a diferents raons:

a) Hi ha evidències clares que no és una espècie habitual en la vegetació dels sistemes dunars dinàmics (Bolòs, 1967).
b) El seu creixement ràpid i el seu comportament pioner la fan una espècie adequada per estabilitzar ambients alterats (Ortuño, 1990; Pastor-López i Martín-Martín, 1993).

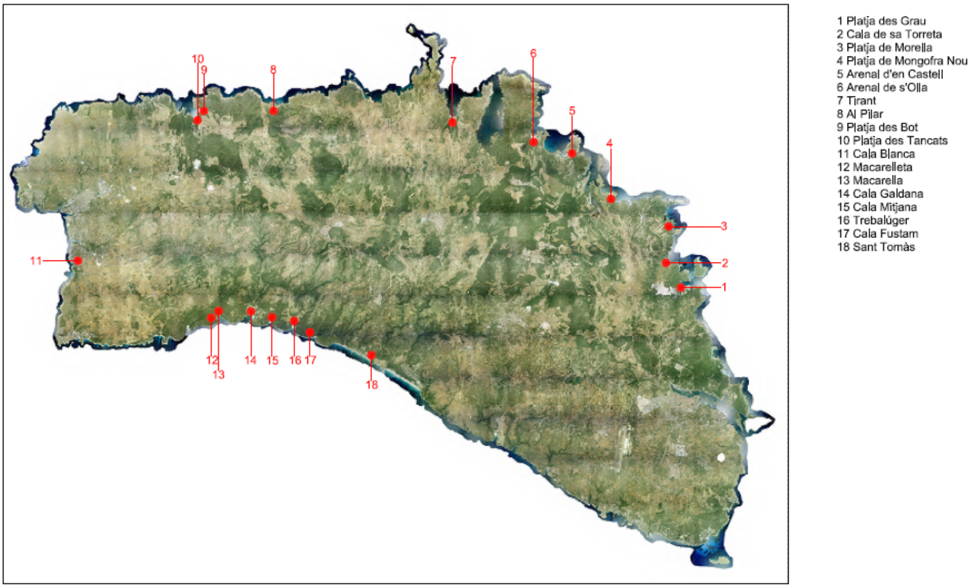


Fig. 1. Ubicació dels 18 sistemes platja-duna estudiats.
Fig. 1. *Distribution of the 18 dune systems studied.*

c) La producció ex situ a partir de llavors és relativament fàcil (Baeza *et al.,* 1991; Pastor-López i Martín-Martín, 1993; Maestre i Cortina, 2004)
d) El procés d'adaptació del lloc de cultiu al definitiu és també senzill i amb pocs problemes (Baeza *et al*., 1991; Pastor-López i Martín-Martín, 1993; Maestre i Cortina, 2004)
e) Es té constància del seu ús per a forestacions en diferents fonts bibliogràfiques tant en tot l'àmbit de la regió mediterrània (Quézel i Médail, 2003), com especialment a l'estat espanyol (Escarré *et al*., 1989; Ortuño, 1990; Baeza *et al*., 1991; Pastor-López i Martín-Martín, 1993; Olivera *et al*., 2003; Quézel i Médail, 2003).

La determinació de la presència d'aquesta espècie en els sistemes dunars s'ha fet a partir d'una inspecció visual i també gràcies als coneixements previs dels propis autors. Una vegada confirmada la presència d'aquesta espècie, s'han seleccionat aquelles localitats que reunien els següents de criteris:

a) La població de *P. halepensis* estava formada per un nombre suficient d'individus com per fer una mesura aleatòria de les característiques quantitatives.
b) La població de *P. halepensis* mostrava evidències clares d'estar situada damunt morfologies dunars.
c) La població de *P. halepensis* mostrava una disposició més o manco homogènia pel que fa a la distribució i característiques dels individus.

Una vegada seleccionades les localitats a cada una d'elles es va mesurar el diàmetre a 1,30 m del terra (diàmetre normal o diàmetre a l'alçada del pit) mitjançant una cinta de diàmetre de 20 individus escollits aleatòriament dins cada massa boscosa. Aquesta dada quantitativa és una de les més habituals per l'inventari i caracterització de masses boscoses amb predomini d'espècies arborescents (p. ex. Tsitsoni i Karagiannakidou, 2000; Montero *et al*., 2001; De Luis *et al.,* 2009).

Al mateix temps, per a cada un dels sistemes també s'han realitzat observacions per determinar la possible presència d'actuacions antròpiques que afectessin a la morfologia dunar. Igualment, i d'acord amb el que s'ha exposat a la introducció sobre els motius que han provocat les actuacions de fixació mitjançant forestació, també s'ha realitzat una observació senzilla dels ambients del seu entorn, especialment pel que fa la possible presència, actual o en temps passat d'activitat antròpica (cultius, pastures o altres aprofitaments de recursos naturals).

Resultats

Aplicant els raonaments i criteris exposats en l'apartat anterior s'han seleccionat un total de 18 sistemes dunars amb poblacions de *P. halepensis* (Fig. 1). Els resultats de la mesura del diàmetre i les característiques dels sistemes dunars es poden veure resumits a la taula 1 i en el gràfic de la Fig. 2 per a cada un dels sistemes dunars. En aquest gràfic es posa en evidència que a la majoria de localitats el diàmetre mitjà se situa entre els 34 i 37 cm, només a tres localitats: Macarella, cala Fustam i Sant Tomàs la mitja aritmètica dels diàmetres és significativament superior situant-se per damunt de 40 cm.

Aquest resultat uniforme no respon només a una operació matemàtica, sinó que com es pot comprovar a la taula 2 i en el gràfic de la Fig. 3, és també el reflex de

	Denominació	Diàmetre màxim (cm)	Diàmetre mínim (cm)	Mitjana diàmetres (cm)	Superfície forestada (m^2)	Perímetre superfície forestada (m)	Ambients, característiques de l'entorn immediat
1	Es Grau	49,0	26,0	36,175	64.667	1.347	Terres amb interès agropecuari
2	Sa Torreta	45,0	27,0	34,875	33.226	742	Terres amb interès agropecuari
3	Morella	39,5	30,0	34,5	71.945	1.059	Terres amb interès agropecuari
4	Mongofre	56,0	28,0	36,9	30.170	1.139	Ambients forestals
5	Arenal d'en Castell	47,0	25,0	34,825	21.837	753	Ambients forestals
6	S'Olla	42,0	32,0	36,475	286.240	2.687	Terres amb interès agropecuari
7	Tirant	41,0	29,0	35,05	194	37.61	Terres amb interès agropecuari
8	Pilar	41,0	30,0	34,325	226.689	2.139	Terres amb interès agropecuari
9	Es Bot	46,0	30,0	37,675	43.655	816	Terres amb interès agropecuari
10	Tancats	48,0	26,5	34,3	158.032	2.908	Terres amb interès agropecuari
11	Cala Blanca	48,0	27,0	36,625	9.315	471	Terres amb interès agropecuari
12	Macarelleta	45,5	28,0	35,275	15.894	940	Terres amb interès agropecuari
13	Macarella	71,0	35,0	46,575	13.010	641	Terres amb interès agropecuari
14	Cala Galdana	52,0	27,0	36,275	15.403	717	Ambients forestals
15	Cala Mitjana	43,0	27,0	35,125	17.178	1.456	Ambients forestals
16	Trebalúger	43,0	30,0	35,25	86.048	1.642	Terres amb interès agropecuari
17	Cala Fustam	65,0	31,5	40,05	12.547	647	Ambients forestals
18	Sant Tomàs	67,0	32,0	48,214	13.235	836	Terres amb interès agropecuari

Taula 1. Resum dels diàmetres per localitat i dimensions de les àrees forestades.
Table 1. *Summary of diameters ranges and dimensions of forested areas.*

l'interval de diàmetres més freqüent en el conjunt de les localitats estudiades, representant al voltant del 70% dels individus mesurats.

Per altra banda, segons les observacions realizades in situ, sembla que els sistemes platja-duna analitzats no presenten creacions artificials de contradunes, ja que

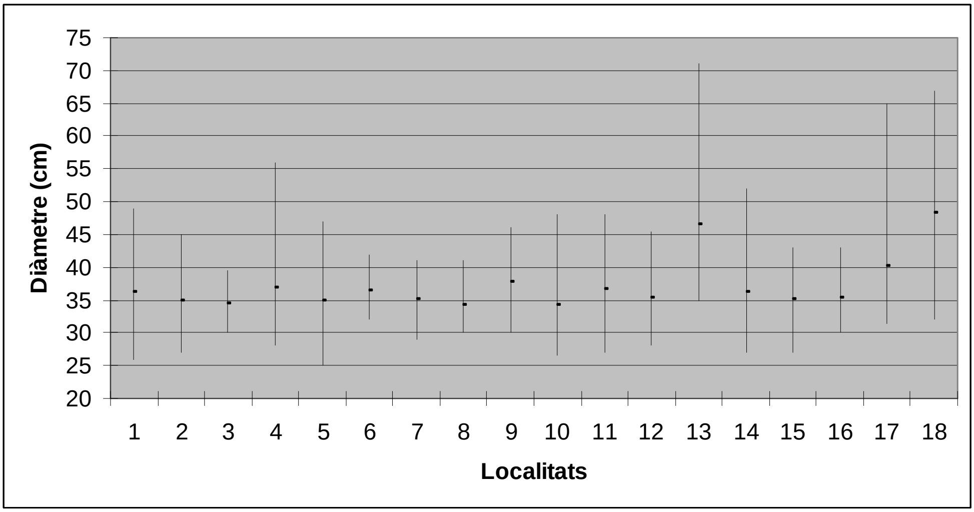


Fig. 2. Representació gràfica dels intervals de diàmetres per localitat.
Fig. 2. *Graphic representation of diameters ranges in each dune system.*

en alguns d'ells es pot observar formes fixades corresponents a canals de defalcació interns, per trencament de morfologies davanteres, fixats per repoblacions en la zona interna del sistema dunar semiestabilitzat i estabilitzat, com ara Es Grau, Torreta, Es Bot i Es Tancats (Fig. 1). En aquests sistemes s'observen morfologies fixes ben definides de lòbuls d'avanç intern, com s'intueix a la Fig. 4.

Al llarg dels 18 sistemes no s'aprecien, ni es té constància, segons les entrevistes orals realitzades (Roig-Munar *et al.*, 2008b), de la sembra de vegetació de port herbaci per afavorir processos de retenció. Tampoc no s'aprecien, ni es té constància, segons aquestes (Roig-Munar *et al.*, 2008b), de la creació de tasques amb la finalitat de retenció sedimentària a cap dels sistemes dunars.

Pel que fa a les característiques dels ambients o entorns immediats (Taula 1), la gran majoria dels sistemes es troben en contacte directe o indirecte amb terres d'interès agropecuari, fins i tot encara en l'actualitat. Només un pocs sistemes dunars queden envoltats d'ambients forestals sense evidències classes d'un ús agrícola recent. Segons les entrevistes orals, les actuacions de forestació que s'han pogut constatar obeeixen més a una voluntat dels propietaris que no a un projecte planificat per part de les institucions públiques.

Discussió

Agafant com a referència dades de Tsitsoni i Karagiannakidou (2000) i considerant que les condicions ambientals de Menorca afavoreixen un creixement relativament ràpid per aquesta espècie (Gil *et al.*, 2003), l'estimació d'edat per als individus mesurats es podria situar entre 40 i 50 anys, açò és que les possibles plantacions s'haurien fet cap als anys 60 del segle passat. Una dada que també es veuria recolzada pels testimonis gràfics consultats.

Intérval (cm)	N	%
25-29	25	7
30-34	117	33
35-39	133	38
40-44	43	12
45-49	22	6
50-54	6	2
>55	8	2

Taula 2. Representació dels intervals de diàmetre en el conjunt de localitats.
Table 2. *Proportion of diameters ranges for the whole studied dune systems.*

La similitud dels diàmetres a les diferents poblacions estudiades també dóna peu a pensar que es tracta de plantacions o com a mínim de poblacions derivades d'una clara discriminació positiva (De Luis *et al.*, 2009). Només els sistemes corresponents a les localitats de Macarella, cala Fustam i Sant Tomàs quedarien fora d'aquesta suposició per presentar uns diàmetres sensiblement més grossos, però aquesta desviació també es pot explicar per unes condicions més favorables pel creixement de *P. halepensis*, com ara sòls més profunds o ambients més protegits, unes condicions que efectivament hi són presents en el cas de Macarelleta i cala Fustam on aquestes formacions forestals queden encaixonades dins petits barrancs associats directament a la llera torrencial amb constància, al menys a la segona, de fonts d'aigua dolça properes a la zona de creixement. En canvi, aquest no és el cas de Sant Tomàs, on la massa forestal estudiada es troba en un espai obert i relativament elevat respecte a les terres que l'envolten.

Així, en aquesta localitat l'edat de les plantes podria ser més important o bé van rebre algun tipus de tractament que afavorir el seu desenvolupament, un fet del tot possible ja que dins aquesta formació hi ha evidència d'una certa intervenció: camins, murs de retenció, anivellació, etc. En qualsevol cas seria necessari fer altres tipus d'estudi, com ara dendrocronologies, per verificar aquestes suposicions. També s'ha de fer notar, d'acord amb el que és habitual a l'illa, que a les localitats de migjorn els diàmetres són lleugerament més grossos que a les de tramuntana per la major idoneïtat dels sòls calcaris i permeables pel desenvolupament d'aquesta espècie (p. ex. Ceballos i Ruiz de la Torre, 1979; Do Amaral Franco, 1986). Les raons que causaren aquestes possibles actuacions no s'han pogut esbrinar del tot, malgrat algunes fonts orals (Roig-Munar *et al.*, 2008b), però podrien ser vàries. Des de les purament estètiques o paisatgístiques fins les lligades a la productivitat forestal o la consideració dels sistemes dunars com a llocs erms necessitats d'una forestació. Tampoc s'ha de descartar que les possibles actuacions volguessin establir una possible protecció de les terres d'interès agropecuàries a l'avançament dels sistemes dunars. El fet que la gran majoria tenguin un contacte directe amb aquestes recolzaria

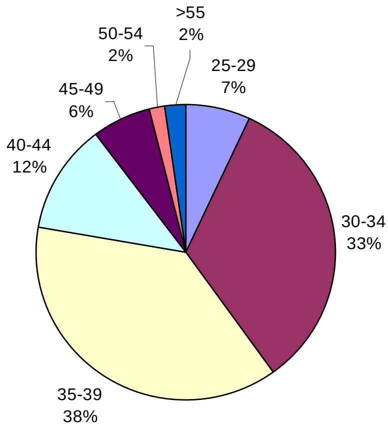


Fig. 3. Representació gràfica dels intervals de diàmetre en el conjunt de localitats.
Fig. 3. *Graphic representation of diameter ranges fort he whole studied dune systems.*



Fig. 4. Morfologia erosiva per trencament de formes dunars davanteres fixada per processos de reforestació, Es Grau.
Fig. 4. *Erosive morphology by breaking of the dune front forms set for reforestation processes, Es Grau.*

aquesta hipòtesi. Igualment s'ha de considerar la diferenciació entre els sistemes que delimiten directament amb terres agrícoles i aquells caracteritzats per dunes remuntats.

Així doncs es pot diferenciar aquells sistemes platja-duna ubicats en zones dominades per un relleu pla, com ara es Grau, es Tancats o Tirant, o les dominades per un relleu còncau, com ara Morella o Macarella, on la forma de platja o cala i les terres internes associades afavoreixen el desenvolupament de formes dunars cap a l'interior amb contacte amb camps de conreus, els quals foren possiblement en el seu moment guanyats al sistema amb l'eradicació de les formes dunars internes, com el cas més clar d'es Tancats o sa cala Blanca. També aquells sistemes dunars associats a cales de petit ordre que foren forestades per evitar l'evolució de formes dunars remuntats i morfologies de *falling-dune* associades a la presència de veles agràries, com és el cas de Macarelleta, o de terres internes de conreus, ja llunyanes a la platja, com és el cas de Mitjana, Galdana, Fustam o Trebalúger, aquestes actuacions obeeixen possiblement a evitar l'avanç de possibles mants eòlics o de l'arribada de material sedimentari en suspensió. Dins aquestes actuacions sobre camps dunars interns actius de tipus grimpant destaca la forestació realitzada al sistema intern de cala Pilar, dins la zona centre del sistema remuntant més actiu per evitar l'arribada de sediment a les finques d'Alfurí, ja dins una plana interna i ubicada a més de 1.200 m de la platja.

Ja sigui per una raó o per altra, tampoc no seria descabellat pensar amb una possible relació amb el *Plan para la repoblación forestal de España* aprovat l'any 1939, encara ben vigent en aquesta època i precisament més enfocat a la restauració d'àrees considerades com a degradades (Ortuño, 1990).

Conclusions i recomanacions per a la gestió

Els resultats obtinguts demostren que alguns dels treballs evolutius en l'espai-temps de sistemes platja-duna (Roig-Munar *et al.*, 2006) no partien d'una realitat de naturalitat, ja que aquests sistemes havien estat antropitzats prèviament mitjançant les forestacions, tot i que els resultats obtinguts en l'anàlisi evolutiva no varien pel que fa als objectius marcats en aquest tipus de treballs, l'evolució de línia de costa i morfologies dunars.

En base a altres observacions realitzades a l'illa de Mallorca no es descartable que els sistemes dunars existents o relictes corresponents a formes semiestabilitzades o estabilitzades de les badies de Palma i Alcúdia no haguessin estat objecte de forestacions, ja que a dia d'avui podem apreciar masses boscoses de pi amb diàmetres de similar ordre i alçades homogènies de les seves copes.

Els resultats d'aquest estudi també mostren, tot coincidint amb altres autors (Bolòs, 1967; Costa i Mansanet, 1981), que *Pinus halepensis* en la majoria de casos no es pot considerar una espècie vegetal característica dels sistemes dunars naturals, sinó que la seva presència pot obeir a actuacions antròpiques.

A la vegada, com ja han observat altres autors (Maestre i Cortina, 2004; Pausas *et al.*, 2004), aquestes actuacions tenen efectes negatius a la llarga especialment pel que fa la conservació de la biodiversitat (Ranwell i Boar, 1986; Gadgil i Ede, 1998; Hilton *et al.*, 2000; Bellot *et al.*, 2004; Fernández *et al.*, 2006; Hilton, 2006) i la dinàmica pròpies dels sistemes platja-duna. En aquest sentit, s'ha de tenir present, que encara recentment s'han fet actuacions semblants en alguns sistemes dunars de Menorca (Roig-Munar *et al.,* 2008a).

Bibliografia

Anònim. 1890. Estudio sobre la fijación de las dunas situadas en el término municipal de Almonte, en la província de Huelva. *Revista de Montes*, 14: 281-287, 311-318, 343-348, 367-373, 388-397, 448-457, 472-479, 496-502, 505-510.

Artigas, P. 1887. Las dunas de Torroella de Mongrí. *Revista de Montes*. Año XI, núm 257: 489-491.

Artigas, P. 1889. Dunas procedentes del Golfo de Roses. *Revista de Montes*, 300: 329-331.

Artigas, P. 1890. *Selvicultura o cría y cultivo de los montes*. Imprenta de Moreno y Rojas. Madrid.

Artigas, P. 1896. Las dunas del golfo de Rosas. *Revista de Montes*, 20: 536-541, 9-15.

Baeza, M.J., Pastor, A., Martín, J., Ibáñez, M. 1991. Mortalidad post-implantación en repoblaciones de *Pinus halepensis*, *Quercus ilex*, *Ceratonia siliqua* y *Tetraclinis articulata* en la provincia de Alicante. *Studia Oecologica*, 8: 139-146.

Bellot, J., Maestre, F.T., Chirino, E., Hernández, N. i de Urbina, J.A. 2004. Afforestation with *Pinus halepensis* reduces native shrub performance in a Mediterranean semiarid area. *Acta Oecologica*, 25. 7-15.

Bolòs, O. 1967. Comunidades vegetales de las comarcas próximas al litoral situadas entre los ríos Llobregat y Segura. *Memoria de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*, 38: 3-280.

Cantarino, C.M. i Seva, E. 1997. Transformaciones en el paisaje natural del litoral mediterráneo de Marruecos durante la época del Protectorado español (1912-1956). I: política de desecación de zonas húmedas en la región de Tetuán. *In*: Ater, M. i Dakki, M. (eds.). *Actes du seminaire sur les marais Smir-Restinga (Maroc): Écologie et propositions d'aménagement (Tetouan, 16-17 mars 1995)*: 69-83. Travaux de l'Institut Scientifique. Memoire hors serie. Rabat.

Ceballos, L. i Ruiz de la Torre, J. 1979. *Arboles y arbustos de la España peninsular*. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Fundación Conde del Valle de Salazar. Madrid.

Codorniu, R. 1908. Las dunas de Guardamar. *Revista de Montes*, 754: 445-451.

Costa, M. i Mansanet, J. 1981. Los ecosistemas dunares levantinos: la dehesa de la Albufera de Valencia. *Anales del Real Jardín Botánico de Madrid*, 37: 277-299.

De Castro, A.F. 1900a. Repoblación de dunas. *Revista de Montes*, 559, 561: 225-232, 281-285

De Castro, A.F. 1900b. Repoblación de dunas. *Revista de Montes*, 565: 395-400.

De Luis, M., Novak, K., Čufar, K. i Raventós, J. 2009. Size mediated climate-growth relationships in *Pinus halepensis* and *Pinus pinea*. *Trees*, 23: 1065-1073.

Do Amaral Franco, J. 1986. *Pinus* L. In: Castroviejo, S., Laínz, M., López González, G., Montserrat, P., Muñoz Garmendia, F., Paiva, J. i Vilar, L. *Flora iberica*. Vol. I. Real Jardín Botánico, C.S.I.C. Madrid.

Escarré, A., Martín, J. i Seva, E. 1989. *Estudio sobre el medio y la biocenosis en los arenales de la provincia de Alicante*. Diputación Provincial de Alicante.

Fernández, C., Lelong, B., Vila, B., Mévy, J.-P., Robles, C., Greff, S., Dupouyet, S. i Bousquet-Mélou, A. 2006. Potential allelopathic effect of *Pinus halepensis* in the secondary succession: an experimental approach. *Chemoecology*, 16: 97-105.

Fernández de Castro, M. 1917. Dunas de la provincia de Cádiz. *Revista de Montes*, 961: 77-85.

Gadgil, R.L. i Ede, F.J. 1998. Application of scientific principles to sand dune stabilization in New Zealand: past progress and future needs. *Land Degradation & Development*, 9: 131-142.

Gallego Fernández, J.B., García Mora, R. i Ley Vega de Seoane, C. 2003. Restauración de ecosistemas dunares costeros. In: Rey Benayas, J.M. (ed.). *Restauración de ecosistemas en ambiente mediterráneo*: 157-172. Asociación Española de Ecología Terrestre.

Gil, L., Manuel, C. i Díaz-Fernández, P. 2003. La transformación histórica del paisaje forestal en las Islas Baleares. IFN 3. Madrid.

Grove, A.T. i Rackham, O. 2003. *The nature of Mediterranean Europe. An ecological history*. Yale University Press. New Haven and London.

Hilton, M.J. 2006. The loss of New Zealand's active dunes and the spread of marram grass (*Ammophila arenaria*). *New Zealand Geographer*, 62: 105-120.

Hilton. M.J., Macauley, U. i Henderson, R. 2000. *Inventory of New Zealand's active dunelands*. Science for Conservation, 157. Department of Conservation. Wellington.

Lemauviel, S. i Roze, F. 2000. Ecological study of pine forest clearings along the French Atlantic sand dunes: Prespectives of restoration. *Acta Oecologica*, 21: 179-192.

Maceira, A.G. 1890. Estudio sobre la fijación de las dunas situadas en el término municipal de Almonte, en la provincia de Huelva. *Revista de Montes*, 322: 281-510.

Madariaga, J.A. 1909. Repoblación forestal. Medios de dar valor a eriales y terrenos pobres Madrid. Imprenta alemana.

Maestre, F.T. i Cortina, J. 2004. Are *Pinus halepensis* plantations useful as a restoration tool in semiarid Mediterranean areas?, *Forest Ecology and Management*, 198: 303-317.

Mayol, J. 2006. Un gran projecte de postguerra: La repoblació forestal de les dunes de Formentera. *Eivissa*, 44-45: 9-16.

Mira, F. 1903. Reseña de las dunas de Guardamar. *Revista de Montes*, 635: 862-888.

Montero, G., Cañellas, I. i Ruiz-Peinado, R. 2001. Growth and yield models for *Pinus halepensis* Mill. *Investigación Agraria, Sistemas y Recursos Forestales*, 10: 179-201.

Oliveras, I., Martínez-Vilalta, J., Jimenez-Ortiz, T., Lledó, M.J., Escarré, A. i Piñol, J. 2003. Hydraulic properties of *Pinus halepensis, Pinus pinea* and *Tetraclinis articulata* in a dune ecosystem of Eastern Spain. *Plant Ecology*, 169: 131-141.

Ortuño, F. 1990. El plan para la repoblación forestal de España del año 1939. Análisis y comentarios. *Ecología,* Fuera de Serie 1: 373-392.

Pastor-López, A. i Martín-Martín, J. 1993. Los bosques protectores de *Pinus halepensis* en la provincia de Alicante. Características de

un proceso de revegetación. *Mediterránea Series de Estudios Biológicos*, 14: 57-58.

Pausas, J.G., Bladé, C., Valdecantos, A., Seva, J.P., Fuentes, D., Alloza, J.A., Vilagrosa, A., Bautista, S., Cortina, J. i Vallejo, R. 2004. Pines and oaks in the restoration of Mediterranean landscapes of Spain: New perspectives for and old practice – a review. *Plant Ecology*, 171: 209-220.

Quézel, P. i Médail, F. 2003. *Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen*. Elsevier. Paris.

Ramos Figueras, J.L. 1981. Repoblaciones. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Madrid.

Ranwell, D.S. i Boar, R. 1986. *Coast dune management guide*. Institute of Terrestrial Ecology. University of East Anglia. Norwich.

Roig-Munar, F. X. i Juaneda, J. 2010. La gestió litoral dins el marc de Menorca Reserva de Biosfera: quinze anys d'experiència. *In:* Vidal Hernández, J.M. i Comas, E. (eds.). *Jornades sobre els 15 anys de Reserva de Biosfera a Menorca*: 101-105. Col·lecció Recerca, 17. Institut Menorquí d'Estudis.

Roig-Munar, F. X., Martín-Prieto, J.A., Comas-Lamarca, E. i Rodríguez-Perea, A. 2006. Space-time Analysis (1956-2004) of human use and management of the Beach-Dune Systems of Menorca (Balearic Islands, Spain). *Journal Coastal Research*, Special Issue, 48: 107-111.

Roig-Munar, F.X., Martín-Prieto, J.A., Fraga, P., Pons, G.X., Rodríguez-Perea, A. i Gelabert, B. 2008a. Descripció del sistema dunar de sa Marina de s'Arena (Nord de Menorca, Illes Balears). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 51: 103-116.

Roig-Munar, F. X., Martín-Prieto, J. A., Rodríguez-Perea, A. i Pons, G. X. 2008b. Notes sobre la repoblació dels sistemes dunars d'es Grau, Torreta i Morella (parc natural de s'Albufera d'es Grau, Menorca). *In*: Pons, G.X. (ed.). *V Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. Ponències i Resums*: 333-335. Societat d'Història Natural de les Balears. Palma de Mallorca.

Roig-Munar, F. X., Pintó, J. Martín-Prieto, J. A. 2009. Descripció geoambiental i paisatgística del sistema platja-duna de cala Borró (Cap Ras, Alt Empordà- Costa Brava, Girona). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 52.

Savage, R. 1963. Experimental study of dune building with sand fences. *Proceedings of the 8th Conference in Coastal Engineering*: 380-396. American Society of Civil Engineers. Nova York.

Savage, R. i Woodhouse, W. W. 1969. Creation and stabilization of coastal barrier dunes. *Proceedings of the 11th Conference in Coastal Engineering*, 1: 671-700. American Society of Civil Engineers. Nova York.

Tastet, J.-P. i Pontee, N.I. 1998. Morpho-chronology of coastal dunes in Médoc. A new interpretation of Holocene dunes in Southwestern France. *Geomorphology*, 25: 93-109.

Tiismann, B. 1924. Coastal dunes of Hiiusaare, their stabilisation and forestation. *Tartu Ülikooli Metsaosakonna Toimetised*, 1: 1-95.

Tsitsoni, T. i Karagiannakidou, V. 2000. Site quality and stand structure in *Pinus halepensis* forests of north Greece. *Forestry*, 73: 51-64.

Uriarte Ayo, R. 1998. Economías campesinas y explotación forestal en el País Vasco durante el Antiguo Régimen. Zainak. *Cuadernos de Antropología-Etnografía*, 17: 101-110.

Valdemoro, H.I. i Jiménez, J.A. 2006. The influence of shoreline dynamics on the use and exploitation of Mediterranean tourist beaches. *Coastal Management*, 34: 405-423.

Valls, A. 1870. Las dunas de la ciudad de San Sebastián, su repoblación y su cultivo. *Revista de Montes*, 3: 89-94.

Whitehead, P.S. 1964. Sand dune reclamation in New Zealand. *New Zealand Journal of Forestry*, 9: 146-153